

Chapitre 2

Préparation pour le marché des produits frais

2.1 LA NÉCESSITÉ D'UNE USINE D'EMBALLAGE

Une fois les fruits et légumes récoltés, ils doivent être préparés pour la vente, que ce soit sur place, à la ferme, chez le détaillant, le grossiste ou au niveau de la chaîne de supermarché. Quelle que soit la destination, la préparation pour le marché des produits frais consiste en quatre opérations de base:

1. élimination des éléments non commercialisables;
2. triage selon le degré de mûrissement et/ou la taille;
3. calibrage;
4. emballage.

Chaque procédé ou technique de travail qui permet de limiter la manipulation se traduira par une réduction des coûts et une diminution des risques d'altération du produit. Pour cette raison, il est souhaitable que la préparation à la vente sur le marché se fasse au niveau du champ de production. Cependant, ceci n'est possible que dans le cas de produits particulièrement délicats et périssables ou de volumes limités, destinés aux marchés situés à proximité. Pour des opérations de grande envergure, des marchés éloignés ou exigeants ou pour les produits qui nécessitent des opérations spéciales, telles que lavage, brossage, cirage, mûrissement contrôlé, réfrigération, stockage ou n'importe quel traitement ou emballage spécifiques, il sera nécessaire d'acheminer le produit vers une usine ou un hangar d'emballage.

Ces deux systèmes (préparation dans le champ ou en usine) ne s'excluent pas l'un l'autre et, dans la plupart des cas, il y a une préparation partielle dans le champ, achevée par la suite dans le hangar d'emballage. Etant donné que la manipulation d'unités non commercialisables constitue une perte de temps et d'argent, la première sélection est toujours effectuée dans le champ de façon à éliminer les éléments qui présentent des défauts majeurs, des lésions ou des maladies.

Le cas de la salade est un exemple de préparation dans le champ, où une équipe de trois ouvriers coupe, prépare et emballe (figure 22). Pour les marchés éloignés, les boîtes sont préparées dans le champ et acheminées vers les usines d'emballage pour être mises en palettes, réfrigérées et parfois stockées en chambre froide avant d'être envoyées à leur destination finale. Les unités d'emballage mobile sont des alternatives qui permettent de traiter des volumes plus importants en moins de temps. Une équipe de moissonneurs approvisionne une ligne de calibrage et d'emballage mobile (figure 23) et charge un camion qui se déplace en même temps que la plateforme. Quand le chargement est complet, le camion est envoyé au marché de destination et



Figure 22: Préparation de la salade pour le marché des produits frais.

remplacé par un camion vide. Dans le cas de récolte mécanisée, le produit est chargé dans l'usine d'emballage (figure 24) où il est préparé pour le marché. Dans la plupart des cas, ces moissonneurs organisent une ligne d'inspection pour effectuer une première sélection dans le champ.

2.2 L'USINE D'EMBALLAGE

Outre le fait qu'elle permet d'exécuter des opérations spéciales, une usine d'emballage présente cet avantage (par rapport à la préparation dans le champ) que les produits peuvent y être préparés dans les 24 heures, quelles que soient les conditions climatiques. Du fait de sa capacité à traiter de grands volumes, les associations de fermiers, les coopératives et même les organisations communautaires peuvent l'utiliser.

La dimension et le degré de complexité d'un hangar d'emballage dépendent de la (des) récolte(s) et du volume à traiter, du capital susceptible d'être investi et enfin du type de production traitée: production propre ou services dus à des tiers. Il peut consister en un abri en paille ou en bâtiments hautement automatisés. Dans certains cas, les unités de stockage sont annexées, de même que les bureaux servant aux transactions commerciales.

Une usine d'emballage peut être définie comme un lieu protégé des conditions climatiques extérieures, au profit à la fois du produit et du personnel qui y travaille; elle est organisée de façon à permettre au produit d'être préparé en une opération de manipulation centralisée. Dans une certaine mesure, elle est semblable à une usine de chaîne de montage, dans laquelle le matériau brut en provenance du champ est soumis à des opérations séquentielles pour finir en produit emballé.



Figure 23: Unité d'emballage mobile pour la préparation au marché du céleri.

2.2.1 Conditions générales relatives à la destination

Une usine d'emballage doit être située à proximité des champs de production et bénéficier d'un accès facile aux routes principales ou aux autoroutes. Il est nécessaire qu'elle ait une entrée unique pour faciliter le contrôle des livraisons qui entrent et qui sortent et qu'elle soit assez vaste pour



Figure 24: Récolte mécanisée de tomates.

permettre une expansion éventuelle ou l'ajout de nouvelles unités. Elle doit également assurer une bonne circulation autour des installations afin d'éviter le croisement des véhicules qui entrent et qui sortent. Il faut que les bâtiments soient orientés de façon à ce que les zones de chargement et de déchargement bénéficient de l'ombre pendant la majeure partie de la journée, de même qu'ils doivent être bien ventilés en été et protégés en hiver.

Les usines d'emballage sont généralement construites avec des matériaux peu coûteux, mais on doit garder à l'esprit qu'il est nécessaire de créer un environnement confortable à la fois pour le produit et le personnel qui y travaille: l'exposition du produit à des conditions défavorables accélère la détérioration de sa qualité, de même qu'un contexte inconfortable peut amener le personnel à commettre des erreurs dans le maniement des produits.

Il est important qu'une usine d'emballage soit suffisamment spacieuse pour permettre une circulation aisée et qu'elle comporte des rampes d'accès pour faciliter le chargement et le déchargement des marchandises. Les portes et les ouvertures doivent être assez larges pour rendre possibles l'utilisation d'un chariot élévateur et une évacuation rapide en cas d'accident ou d'incendie. La zone de réception doit être conçue de façon à pouvoir contenir un volume de produits équivalent à la production d'une journée de travail, afin de garder l'usine d'emballage en fonctionnement en cas d'interruption du flux de la production venant du champ (pluie, problème mécanique, etc.).

L'électricité est capitale pour l'équipement, la réfrigération et l'éclairage car les usines d'emballage travaillent habituellement avec des horaires chargés, voire même de façon continue pendant la moisson. L'éclairage (à la fois son intensité et sa qualité) est un facteur clé de la détection des défauts sur les tables de sélection. Il est essentiel qu'il soit situé sous le champ de vision de façon à éviter l'éblouissement et la fatigue oculaire (figure 25). L'intensité de la lumière doit être comprise entre 2 000 et 2 500 lx pour les produits colorés, mais entre 4 000 et 5 000 lx pour les produits plus foncés. Outre la zone de travail, les infrastructures dans leur ensemble doivent être éclairées de manière à éviter les contrastes avec les ombres qui produisent un aveuglement passager lorsqu'on relève les yeux. Les couleurs ternes et les surfaces mates sont préférables pour l'équipement, les tapis roulants et les tenues de travail afin d'éviter les effets de masque, causés par la réflexion de la lumière, et empêcher la fatigue visuelle.

Un bon approvisionnement en eau est indispensable pour le lavage des produits, des camions, des poubelles et de l'équipement, de même que pour le trempage et, dans certains cas, le refroidissement. Un système d'évacuation des eaux usées adéquat est aussi important qu'une bonne source.

Il faut que les bureaux d'administration soient situés dans des zones propres et calmes et conçus de façon à permettre de voir, dans la mesure du possible, le déroulement des opérations dans son ensemble (figure 26). Les usines d'emballage devront être munies d'infrastructures ou de laboratoires pour analyser la qualité des produits.

Une fois définie la conception du bâtiment, il est nécessaire de dessiner un diagramme pour visualiser le flux des produits et toutes les opérations à effectuer. Le maniement doit se faire dans un laps de temps très court et le produit doit toujours aller dans une direction, sans subir de



Figure 25: L'éclairage au niveau des yeux est source d'éblouissement et de fatigue visuelle. De plus, il est nécessaire de couvrir les sources lumineuses de façon à éviter, en cas de dommage, que les bris de verre ne se déposent sur les produits.



Figure 26: Un bureau administratif surélevé permet de superviser les opérations.

détours. Des opérations parallèles seront possibles, comme travailler simultanément sur différentes tailles ou degrés de mûrissement.

2.2.2 Considérations générales relatives aux opérations

2.2.2.1 Réception

L'opération de préparation et d'emballage doit être organisée dans son intégralité de façon à minimiser le temps qui s'écoule entre la récolte et la livraison du produit emballé. La réception est une opération qui connaît souvent des retards (figure 27) et, s'ils sont inévitables, le produit doit être protégé des rayons du soleil. Normalement les produits sont pesés et comptés avant d'entrer dans l'usine et des échantillons sont parfois prélevés pour des contrôles de qualité (analyses) (figure 28). Un registre doit être tenu, particulièrement si une prestation de service est offerte aux autres producteurs.

La préparation pour le marché des produits frais commence par le dépôt du produit sur les lignes d'approvisionnement de l'usine d'emballage. On dépose le produit au sec (figure 29) ou dans de l'eau (figure 30). Dans les deux cas, il est important d'avoir abaissé la vitesse pour minimiser les lésions et mieux contrôler le flux du produit. Le fait de plonger les fruits dans l'eau permet de limiter les heurts et de faire avancer les fruits qui flottent dans le courant ainsi créé; mais tous les produits ne supportent pas d'être mouillés. Un produit d'une densité propre inférieure à celle de l'eau flottera, mais pour d'autres produits il sera nécessaire de diluer des sels (sulfate de sodium, par exemple) dans l'eau de façon à améliorer leur flottaison.



Figure 27: Les délais (retards) doivent être évités que ce soit à la réception des produits ou à leur livraison et tout particulièrement quand le produit est exposé au soleil.



Figure 28: Prélèvement d'échantillons pour la recherche de la qualité avant le calibrage.

Le fait de plonger le produit dans l'eau permet de le laver en le débarrassant d'une grande partie de la saleté du champ. Pour nettoyer les fruits plus soigneusement, des lavages supplémentaires et une opération de brossage sont nécessaires. Le renouvellement de l'eau permet de la main-



Figure 29: Déchargement à sec de citrons (Photographie: P. A. Gómez, INTA E.E.A. Balcarce).



Figure 30: Trempage de pommes dans l'eau.

tenir propre et de la débarrasser de la terre, des pesticides, des débris de plantes et d'éventuels morceaux pourris qui y flotteraient. Cependant, dans certains cas, cette opération n'est pas possible, soit parce qu'il n'y a pas assez d'eau disponible, soit parce qu'il n'est pas possible d'en évacuer une telle quantité. Si l'eau est réinjectée dans le circuit de fonctionnement, elle doit être filtrée et les particules qui s'y trouveraient doivent être retirées.

L'ajout de chlore dans les eaux de transport et de lavage des produits à un degré de concentration de 50-200 ppm de chlore actif élimine les spores de champignons et les bactéries, présents sur la surface des fruits et porteurs de maladies; on empêche ainsi la contamination de fruits sains. De plus, les heurts doivent être évités car ils peuvent créer des foyers d'infection pour des organismes contaminants. Si elle est appliquée à plus de 30 cm du fruit ou pendant une durée supérieure à 3 minutes, l'eau tend à s'infiltrer dans le fruit, particulièrement quand celui-ci est creux, comme le poivron. La température de l'eau peut également favoriser cette infiltration, c'est pourquoi il est recommandé que la température du fruit soit en moyenne de 5 °C inférieure à celle du liquide.

2.2.2.2 Elimination des parties non désirées de la plante

L'opération qui succède habituellement au trempage est l'élimination de toutes les parties de la plante qui ne sont pas commercialisables, car le traitement de matériaux non commercialisables coûte cher. Effectuée avant le calibrage et le triage, cette opération facilite celles qui suivent pour rendre le produit plus uniforme. C'est une des quatre opérations de base pour la préparation au

marché et elle vient en complément de la première sélection effectuée dans le champ. À ce stade, on élimine aussi des éléments dont le mûrissement est trop avancé, ceux qui sont trop petits, sérieusement abîmés, déformés ou pourris.

Les éléments trop petits sont le plus souvent éliminés de façon mécanique à l'aide de filets (écrans maillés), de courroies ou, pour les éléments lésés, pourris, au moyen de chaînes de pré-calibrage; les éléments dont la forme n'est pas standard, les feuilles séchées ou jaunies, sont généralement ôtés à la main. L'ail et les oignons sont renversés afin d'en retirer le feuillage séché à l'aide d'un matériel spécifique (figure 31); pour beaucoup de récoltes, le brossage est utilisé pour les débarrasser de la terre et des déchets (figure 32). Pour les produits qui supportent l'immersion dans l'eau, on peut pratiquer le système de flottaison différentiel pour séparer les parties indésirables, en complément des détergents et des brossages qui éliminent la terre, le latex, les insectes, les pesticides et autres éléments. Les fruits frais doivent être séchés à l'aide d'éponges ou d'air chaud.

Les fruits et légumes écartés, les résidus végétaux éliminés lors de la coupe, de l'épluchage, de la préparation et les fruits abîmés ou gâtés peuvent être utilisés pour nourrir les animaux. Bien qu'ils soient très savoureux et constituent une bonne source d'énergie, leur haute teneur en eau les rend volumineux et leur transport est coûteux. D'autre part, leur faible teneur en protéines et en masse sèche (en termes de volume) fait que leur valeur nutritive est inférieure à celle d'autres types de nourriture et leur intégration dans l'alimentation doit se faire en proportion appropriée,



Figure 31: Renversement des oignons avant le calibrage.



Figure 32: Brossage et tri manuel des fruits endommagés avant calibrage.
(Photographie: S. Horvitz, INTA E.E.A. Balcarce).

de façon à éviter des problèmes digestifs. Ils présentent aussi l'inconvénient d'être, dans la plupart des cas, très périssables et ils ne peuvent donc pas être stockés pour être introduits progressivement dans le régime alimentaire de l'animal. S'ils ne sont pas utilisés pour faire du fourrage pour les bêtes, ces éléments peuvent servir comme garniture sanitaire (litière) ou engrais biologique, tout comme ils peuvent être brûlés ou produire une autre forme d'énergie, telle que l'alcool ou les biogaz.

2.2.2.3 Calibrage par la taille

Le calibrage par la taille est une autre opération de base effectuée dans les usines d'emballage avant ou après le tri en fonction de la couleur du produit. Il est recommandé de toujours procéder aux deux opérations avant le calibrage final parce qu'il est plus facile de détecter les éléments qui présentent des défauts au milieu de produits uniformes, que ce soit en taille ou en couleur.

Il existe deux systèmes de base, prenant pour référence le poids ou les dimensions du produit (diamètre, longueur ou les deux). Les produits sphériques ou quasi sphériques, tels que les pamplemousses, les oranges, les oignons, etc., sont probablement les plus faciles à trier par taille et pour ce faire, plusieurs mécanismes sont utilisés, des filets (écrans à maille) jusqu'aux courroies divergentes (figure 33), en passant par les rouleaux à écart progressif (figure 34). Le calibrage peut également se faire manuellement à l'aide d'anneaux de diamètres établis (figure 35). Pour beaucoup de récoltes, la sélection par le poids est effectuée à l'aide de plateaux de pesée qui déposent



Figure 33: Calibrage des oignons par courroies divergentes. Les différentes vitesses des courroies font tourner les bulbes et, dans le même temps, les font avancer vers un point où le diamètre du bulbe est égal à l'écart entre les courroies.



Figure 34: Calibrage à l'aide de rouleaux de plus en plus espacés.



Figure 35: Calibrage à l'aide d'anneaux de diamètres établis
(Photographie: P. A. Gómez, INTA E.E.A. Balcarce).



Figure 36: Triage en fonction du poids. Des plateaux individuels déposent les fruits sur le tapis roulant correspondant.



Figure 37: Système de triage de qualité statique. Les produits sont déposés sur une table où les éléments défectueux sont enlevés.

automatiquement les produits sur d'autres courroies qui collectent les autres éléments qui pèsent le même poids (figure 36).

2.2.2.4 Calibrage

C'est probablement la plus importante des quatre opérations de base et elle consiste à séparer les produits en catégories en fonction de leur qualité ou de leur calibre. Il existe deux systèmes principaux de calibrage: le système statique, employé communément pour les récoltes les plus délicates et/ou à haute valeur, dans lequel le produit est placé sur une table de sélection où les trieurs enlèvent les éléments qui ne répondent pas aux critères de calibre ou de qualité (figure 37). Le système dynamique est probablement plus utilisé encore. Dans ce système, le produit se déplace sur un tapis devant lequel se tiennent les ouvriers qui procèdent au tri en éliminant les éléments présentant un défaut (figure 38).

Le flux principal est celui qui a le degré de qualité le plus élevé, et les éléments de degré deux et trois sur l'échelle de qualité sont retirés et placés sur d'autres tapis. Ce système est beaucoup plus efficace en termes de volumes triés par unité de temps, mais le personnel doit être bien entraîné car chaque élément ne reste que quelques secondes dans le champ de vision de l'ouvrier. Deux types d'erreurs peuvent se produire: enlever des articles de bonne qualité du flux principal et, plus fréquemment, ne pas retirer des éléments qui devraient l'être.

Les produits rejetés pour des raisons principalement esthétiques deviennent des éléments de deuxième, voire de troisième choix (qualité); ils pourront être commercialisés chez des distribu-



Figure 38: Système de tri qualitatif dynamique. Les bulbes d'oignon triés par taille défilent en continu sur les tables de sélection d'où les éléments défectueux sont retirés. Une inspection finale est effectuée avant l'emballage (sur la droite).



Figure 39: Les fruits sont récoltés une fois arrivés à mûrissement et ils doivent être séparés selon leur couleur avant d'être emballés. (Photographie: S. Horvitz, INTA E.E.A. Balcarce).

teurs moins exigeants ou utilisés comme matériau brut pour la transformation et, dans ce cas, on réduit les risques de les voir périr tout en leur ajoutant de la valeur.

Cependant, la transformation à petite échelle doit être capable de fournir des produits de qualité égale ou même supérieure à celle obtenue dans une filière industrielle à grande échelle. Or, cela n'est pas toujours possible car l'industrie utilise des variétés et des procédés spécifiques. De plus, les éléments invendus et défectueux du marché des produits frais ne constituent pas un matériau brut uniforme; leur faible rendement industriel, et le manque de technologie de transformation en manufacture, font que la qualité de ces produits est très variable et que, très souvent, ils ne répondront pas aux exigences des autorités sanitaires. À ce stade il est nécessaire de souligner que la qualité d'un produit industriel dépend à la fois de la qualité du produit brut et du processus de transformation auquel il aura été soumis.

2.2.3 Opérations spéciales

Ces types d'opérations sont spécifiques aux produits qui doivent être emballés, à la différence des opérations de base qui sont appliquées à chaque type de récolte indépendamment de la taille et du degré de sophistication de l'usine d'emballage.

2.2.3.1 *Tri par couleur*

Cette opération est courante pour les fruits et les légumes et peut être effectuée électroniquement. Les fruits sont généralement récoltés à un degré de mûrissement (figure 39) qui doit être uniformisé pour la vente. Récolter les produits à un degré de mûrissement moindre permet d'écourter le travail de tri par couleur, mais cela n'est possible que pour un petit volume de produits car d'autres récoltes sont alors nécessaires.

2.2.3.2 *Ajout de cire*

Une fois récoltés, certains fruits, tels que les pommes, les concombres, les agrumes, les pêches, les nectarines et autres, sont cirés pour réduire leur déshydratation et améliorer leur durée de vie; cette opération permet de remplacer les cires naturelles, éliminées par le lavage, et de cautériser les lésions mineures provoquées durant la manipulation. Les cires sont également utilisées comme support pour l'adjonction d'antifongicides ou simplement pour augmenter la brillance et améliorer l'apparence des produits. Il existe différents types et formules de cires; elles peuvent être appliquées sous forme de vaporisateur ou de mousse, ou encore par immersion, aspersion ou toute autre méthode. Il est important que la cire soit posée de manière uniforme et on utilise pour cela des brosses douces, des rouleaux, etc., et on doit s'assurer qu'une couche uniforme et épaisse recouvre le fruit sur toute sa surface. Une application trop épaisse pourrait bloquer les échanges gazeux du fruit (l'empêcher de respirer) et causer une asphyxie des tissus caractérisée par un noircissement interne et le développement d'arrière-goûts et de mauvaises odeurs. Il est très important que les cires soient propres à la consommation humaine.

2.2.3.3 Le «déverdissement»

Certaines conditions climatiques avant la récolte font que les agrumes atteignent souvent leur maturité commerciale avec des traces de couleur verte sur leur épiderme (*flavedo*). Bien qu'ils ne soient pas différents de ceux à pigmentation uniforme, les consommateurs les considèrent souvent comme pas encore mûrs et manquant d'arôme. Le déverdissement consiste en une dégradation de la chlorophylle pour permettre aux pigments naturels de s'exprimer alors qu'ils étaient masqués par la couleur verte.

Pendant 24 à 72 heures, les agrumes sont exposés dans des chambres spécialement étudiées, à une atmosphère contenant de l'éthylène (5-10 ppm), avec une ventilation contrôlée et un fort taux d'humidité relative (90-95 pour cent). Les conditions requises pour le déverdissement sont spécifiques à chaque zone de production. Artés Calero (2000) recommande des températures de 25-26 °C pour les oranges, 22-24 °C pour les pamplemousses et les citrons et 20-23 °C pour les mandarines.

2.2.3.4 Le mûrissement contrôlé

Le fait que les produits soient mûrs au moment de la récolte est la clé pour obtenir des produits de qualité et d'une bonne durée de vie après la récolte. Quand ils doivent être envoyés sur des marchés éloignés, les fruits seront récoltés légèrement immatures (particulièrement ceux qui sont climateriques) de façon à réduire les effets des heurts et les pertes lors du transport. Cependant, avant leur distribution à la vente, il est nécessaire d'accélérer et d'uniformiser leur mûrissement pour qu'ils soient présentés au consommateur à un degré de mûrissement adéquat. La banane est l'exemple type du produit soumis à cette opération, mais celle-ci peut également être effectuée sur des tomates, des melons, des avocats, des mangues et d'autres fruits (tableau 3). Ce procédé, comme le déverdissement décrit précédemment, utilise l'éthylène mais en quantité plus concentrée.

Le mûrissement contrôlé est effectué dans des chambres spécialement conçues où la température et le degré d'humidité relative peuvent être contrôlées et munies d'un système de ventilation qui permet d'éliminer l'éthylène quand le processus est achevé. L'opération consiste en un chauffage initial des produits pour atteindre la température souhaitée, suivi d'une injection d'éthylène à la concentration désirée. Le produit est maintenu dans ces conditions pendant un certain temps, pour être ensuite ventilé de façon à éliminer les gaz accumulés. Quand le traitement est terminé, la température est réduite au degré adéquat au transport et/ou au stockage. La concentration en éthylène et le temps d'exposition à ces conditions sont fonction de la température, laquelle accélère le processus.

2.2.3.5 Contrôle des nuisibles et des maladies

Différents traitements sont effectués pour éviter ou contrôler les nuisibles et les maladies qui peuvent apparaître après la récolte. Les fongicides qui appartiennent à différents groupes chimiques sont largement utilisés sur les agrumes, les pommes, les bananes, les fruits à noyaux et les autres fruits. La plupart ont une action fongistatique, c'est-à-dire qu'ils inhibent ou réduisent la germi-

Tableau 3: Conditions pour le contrôle du mûrissement de certains fruits.

	Concentration en éthylène (ppm)	Température de mûrissement °C	Durée d'exposition à ces conditions (en heures)
Avocat	10-100	15-18	12-48
Banane	100-150	15-18	24
Melon d'hiver	100-150	20-25	18-24
Kiwi	10-100	0-20	12-24
Mangue	100-150	20-22	12-24
Fruits à noyau	10-100	13-25	12-72
Tomate	100-150	20-25	24-48

Adapté de Thompson, 1998.

nation des spores, sans complètement supprimer la maladie. Très peu de produits chimiques ont une réelle action antifongique. Le chlore et l'anhydride sulfureux sont les plus largement utilisés.

Le chlore est probablement le désinfectant le plus couramment employé, dans l'eau, à des concentrations variant de 50 à 200 ppm, pour réduire le nombre de micro-organismes présents à la surface du fruit, bien qu'il ne stoppe pas la croissance d'un élément pathogène déjà établi. Les pamplemousses de table subissent généralement une fumigation à l'anhydride sulfureux concentré à 0,5 pour cent pendant 20 minutes, puis sont ensuite ventilés. Pendant le stockage, des fumigations périodiques (tous les sept à dix jours) à 0,25 pour cent sont effectuées et, durant le transport il, est possible de déposer des tampons de métabisulfite de sodium dans les cartons; ils vont progressivement dégager de l'anhydride sulfureux au contact de l'humidité dégagée par les fruits.

La fumigation est la méthode la plus importante pour l'élimination des insectes, que ceux-ci soient des adultes, des œufs, des larves ou des chrysalides. Le méthyl bromide a probablement été le fumigène le plus utilisé pendant de nombreuses années, mais son utilisation a depuis été interdite dans de nombreux pays et remplacée par des traitements tels que l'exposition à une température donnée (haute ou basse), le passage en atmosphère contrôlée, d'autres fumigènes ou l'irradiation.

Il est également possible de prévenir certains troubles physiologiques post-récolte à l'aide de traitements chimiques. Les bains de chlorure de calcium (4-6 pour cent) ou les brumisations contre le ver de la pomme en sont un exemple. Le bain ou le trempage des fruits dans des solutions chimiques permet d'éviter le coup de chaud du produit lors du stockage ou d'autres formes de dommages. Dans le même esprit, l'addition de concentrés de 2, 4-D légèrement dosés aux cires contribue à prévenir le *citrus peduncles vert*.

2.2.3.6 Traitements par la température

Le froid peut être utilisé pour les fruits qui tolèrent les basses températures (pommes, poires,

kiwis, raisin de table, etc.) et d'autres produits susceptibles d'être porteurs d'insectes nuisibles et/ou de larves. Le tableau 4 reproduit les expositions à température recommandée ainsi que les combinaisons de temps d'exposition.

Tableau 4: Combinaisons des températures et temps d'exposition pour les traitements de quarantaine de la mouche du fruit.

Temps (jours)	Température maximale (°C)	
	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Anastrepha fraterculus</i>
10	0,0	
11	0,6	0,0
12	1.1	
13		0,6
14	1,7	
15		1,1
16	2,2	
17		1,7

Adapté de Gorgatti Netto, *et al.*, 1993.

Pendant des années, les traitements à la chaleur, tels que le trempage dans l'eau chaude ou l'exposition à de l'air chaud ou à de la vapeur chaude, étaient connus comme étant capables de détecter la présence d'insectes nuisibles (et de champignons dans certains cas). Les restrictions croissantes des fumigations au brome, en revanche, ont entraîné une réévaluation des soins par la chaleur comme traitements de quarantaine pour les fruits tels que mangues, papayes, agrumes, bananes, caramboles et les légumes tels que poivrons, aubergines, tomates, concombres et courgettes. Les méthodes d'utilisation de la température, d'exposition et d'application, sont spécifiques aux produits de base et doivent être appliquées de manière précise pour éviter les meurtrissures dues à la chaleur, surtout en ce qui concerne les produits hautement périssables. Une fois le traitement terminé, il est très important de réduire la température aux niveaux recommandés pour la conservation et/ou le transport du produit.

L'immersion dans l'eau chaude doit assurer à la pulpe du fruit une température située entre 43 et 46,7 °C pendant 35 à 90 minutes. Mais ceci dépend de la nature du produit de base, des parasites à contrôler et de son degré de développement (U.S. E.P.A., 1996). Le trempage dans l'eau chaude contribue également à réduire la masse microbienne dans la prune, la pêche, la papaye, le melon, la patate douce et la tomate (Kitinoja et Kader, 1996) mais ne garantit pas tou-

jours un contrôle fiable des parasites (U.S. E.P.A., 1996). Pour exporter les mangues du Brésil, il est recommandé de les tremper à une profondeur de 12 cm dans une eau à 46,1 °C pendant 70-90 minutes (Gorgatti Neto *et al.*, 1994).

Bon nombre de produits agricoles tropicaux sont exposés à de l'air humide et chaud (40-50 °C jusqu'à heures de suite) ou à de la vapeur chaude afin que la température à l'intérieur du produit entraîne la destruction des parasites. L'air chaud est bien toléré par la mangue, le pamplemousse, l'orange navel, la carambole, le kaki et la papaye. De la même manière, les traitements à la vapeur ont été approuvés par le USDA-APHIS (Département de l'agriculture des États-Unis, Service de l'inspection de la santé des plantes et des animaux) pour la clémentine, le pamplemousse, l'orange, la mangue, le poivron, l'aubergine, la papaye, l'ananas, la tomate et les courgettes (U.S. E.P.A., 1996).

2.2.3.7 *Suppression des germes*

Dans la pomme de terre, l'ail, l'oignon et d'autres produits agricoles, la germination et la formation de racines non seulement accélèrent le processus de détérioration, mais déterminent aussi la date limite de vente, car le consommateur rejette catégoriquement les produits présentant des germes ou des racines.

À l'issue de leur développement, les bulbes, les tubercules et certaines racines entrent dans une phase de «repos» qui se caractérise par une activité physiologique réduite sans aucune réaction à l'environnement. En d'autres termes, ils ne germent pas, même s'ils sont placés dans des conditions idéales de température et d'humidité. Différentes recherches ont montré que pendant le repos, des inhibiteurs endogènes de germination, tels que l'acide abscisique, prévalent contre ceux qui la favorisent, comme les gibbérellines, les auxines et autres. Cet équilibre varie selon le temps de conservation pour entrer dans une période «inerte», pendant laquelle ils développeront des germes ou des racines s'ils sont placés dans un environnement aux conditions favorables. Il n'y a pas de frontières bien définies entre ces différentes phases. En revanche, il s'opère une lente transition de l'une à l'autre alors que l'équilibre entre inhibiteurs et agents favorables change. Avec un temps de conservation plus long, les agents favorisants prévalent et la germination commence.

La réfrigération et le contrôle des atmosphères ambiantes réduisent les taux de germination et de formation de racines mais pour des raisons de coût, on préférera un processus d'inhibition chimique. Pour les oignons et l'ail, on asperge le produit d'hydrazide maléique avant la récolte. Quant aux pommes de terre, on leur applique du CIPC (3-chloro-isopropyl-N-phenylcarbamate) sous forme de poudre, de vapeur, en immersion ou sous d'autres formes d'application. Comme le CIPC interfère avec la formation du périoderme, il faut qu'il soit appliqué après le traitement par séchage.

2.2.3.8 *Traitement au gaz pour la conservation*

Différentes recherches ont montré que l'exposition à une atmosphère riche en dioxyde de carbo-

ne (10-40 pour cent jusqu'à une semaine d'exposition) contribue à préserver la qualité des pamplemousses, clémentines, avocats, nectarines, pêches, brocolis et baies (Artes Calero, 2000). Une lutte contre les insectes parasites est possible avec de plus grandes concentrations (60-100 pour cent). On ne connaît pas encore tout à fait l'effet de ce gaz. On sait, par contre, qu'il a un effet inhibiteur sur le métabolisme et sur l'action de l'éthylène avec un effet persistant après le traitement. Une plus grande concentration (> 20 pour cent) inhibe aussi la germination des spores et le développement d'organismes en détérioration.

De la même façon, une exposition à une atmosphère très pauvre en oxygène (<1 pour cent) contribue à préserver la qualité et à assurer la régulation des parasites dans les oranges, nectarines, papayes, pommes, patates douces, cerises et pêches (Artes Calero, 2000). Diminuer la concentration d'oxygène revient à entraîner une réduction du rythme de respiration et du métabolisme en général, y compris les réactions enzymatiques et biochimiques qui ont besoin de cet élément, telle la synthèse d'éthylène.

2.2.4 L'emballage

L'emballage revient à mettre le produit à l'intérieur d'un conteneur doté de matériaux d'emballage qui l'immobilisera (plateaux en plastique ou papier mâché moulé, pièces insérées, coussinets, etc.) et le protégera (film plastique, doublures cirées, etc.). L'emballage vise à atteindre trois objectifs de base:

1. *Contenir le produit* et faciliter sa manipulation et sa commercialisation en établissant des standards quant au nombre ou au poids du contenu de chaque emballage.
2. *Protéger le produit* des meurtrissures (impacts, compression, frottement et lésions) et des conditions extérieures défavorables (température, humidité) pendant le transport, le stockage et la commercialisation.
3. *Offrir des informations* au client, concernant la variété, le poids, le nombre, la démarche de sélection ou le niveau de qualité du produit, le nom du producteur, le pays, la région d'origine, etc. Il est aussi tout à fait fréquent de joindre à l'emballage des recettes, la valeur nutritive, les codes barres du produit ou toute autre information permettant de retracer son origine.

Un paquet bien conçu sera forcément adapté aux conditions ou au traitement spécifique du produit. Par exemple, si celui-ci doit être refroidi par eau ou par glace, il doit pouvoir tolérer l'humidité sans perdre de son efficacité. Pour un produit au taux de respiration élevé, il faudra un emballage disposant d'ouvertures assez grandes pour permettre un échange de gaz suffisant. Lorsque le produit se déshydrate facilement, le paquet sera conçu de manière à offrir une barrière efficace contre la perte d'eau, etc. L'utilisation de matériaux semi-perméables permet de créer à l'intérieur des paquets une atmosphère spéciale propice au maintien de la fraîcheur du produit.

2.2.4.1 Catégories d'emballage

Il existe trois types d'emballage:

1. les unités consommateur ou pré-empaquetage;
2. l'emballage de transport;
3. l'emballage par unité de mesure ou palettes.

Lorsque le produit pesé arrive au consommateur dans le même emballage que celui dans lequel il a été préparé, on l'appelle unité consommateur ou pré-empaquetage. Habituellement, cet emballage contient la quantité de produit qu'une famille consomme sur une certaine période (300 g à 1,5 kg, selon le produit). Les matériaux utilisés comprennent les papiers mâchés ou les plateaux de polystyrène enrobés de film rétractable (figure 40), les sacs plastique ou papier, les coquilles, les plateaux en PVC thermoformé, etc. Les oignons, pommes de terre et patates douces sont commercialisés dans des filets pouvant contenir de 3 à 5 kg. La couleur, la forme et la texture du matériau d'emballage sont des éléments importants pour l'amélioration de l'apparence du produit et son attrait pour le consommateur.

Les emballages pour le transport ou la vente sont en général des boîtes en panneau de fibre ou de bois, pesant de 5 à 20 kg ou des sacs encore plus gros (figure 41). Ils doivent être de préférence assez faciles à manipuler ou à empiler par une seule personne et présenter des dimensions permettant leur transport. Il est important qu'ils soient conçus en matière biodégradable, recyclable et non contaminante. Ceux qui sont destinés à être réutilisés doivent être de nettoyage aisé et facilement dissociés de manière à occuper un volume moindre pour le transport du retour. Il est essentiel qu'ils puissent résister au poids et aux managements (figure 42) et aussi contenir le poids ou le nombre de produits prévu sans déborder (figure 43).



Figure 40: Emballage ou pré-emballage à l'usage du consommateur.



Figure 41: Emballage de conteneurs différents pour les fruits et les légumes.



Figure 42: Des conteneurs pas suffisamment solides ou un mode d'empilement inapproprié peut faire s'écrouler les boîtes de produits, causant des lésions de compression.



Figure 43: Le trop-plein des conteneurs est la raison principale des lésions dues à la compression.

Pour ce type d'emballage, il est d'usage d'utiliser des matériaux qui servent à isoler et/ou à immobiliser le fruit, tels des encarts verticaux qui contribuent également à renforcer le conteneur, en particulier quand il s'agit de produits de gros calibre comme les melons ou les pastèques. Les plateaux ont le même but mais séparent les produits en différentes couches. On les emploie fréquemment pour les pommes, pêches, prunes, nectarines, etc. Les filets en plastique mousse sont utilisés pour la protection individuelle des gros fruits comme la pastèque (figure 44), la mangue, la papaye, etc. Il est aussi possible d'utiliser de la laine de verre ou de papier, des papiers ou d'autres matériaux souples.

Dans de nombreux pays en développement, des conteneurs en fibre naturelle sont encore utilisés pour l'emballage de fruits et légumes (figure 45) et, bien qu'ils soient très bon marché, ils ne peuvent être ni nettoyés, ni désinfectés, ce qui représente un foyer de contamination par des micro-organismes lorsqu'ils sont réutilisés. Par ailleurs, n'ayant pas été conçus pour être empilés, ils risquent d'entraîner des lésions de compression. En outre la forte variabilité de leur poids et/ou volume, ne facilite pas la commercialisation.

Les palettes, enfin, sont devenues le mode d'emballage des charges unitaires au niveau domestique et international. Leurs dimensions correspondent à celles des conteneurs maritimes, des camions, des chariots élévateurs, des entrepôts, etc. Comme la charge unitaire est identique à celle



Figure 44: Protection individuelle pour les gros fruits.



Figure 45: Conteneurs en fibres naturelles pour les légumes.



Figure 46: Stabilisation de palettes avec filet de mailles plastique.

du transport et du stockage, on réduit ainsi la manipulation et uniformise toutes les étapes dans la chaîne de distribution. Il existe différentes tailles de palettes, mais la plus utilisée dans le monde est celle de 120 x 100 cm; elle est parfois constituée de matériaux en plastique. Suivant les dimensions de l'emballage, une palette contiendra de 20 à 100 unités. Afin d'assurer leur stabilité, les charges des palettes sont protégées par un filet en plastique à maille large (figure 46) ou par une combinaison de systèmes de protection des angles et des sangles de plastique verticales et horizontales (figure 47). Dans de nombreux cas, les emballages individuels sont collés les uns aux autres avec une colle non forte qui permet de les séparer mais les empêche de glisser. Ils sont aussi disposés en diagonale ou emboîtés les uns dans les autres afin d'assurer la stabilité de la charge.

Du fait de la grande variété de formes et de tailles des emballages pour les fruits et légumes, on a tendance à standardiser les dimensions de manière à optimiser la surface de la palette: les dimensions standard sont de 120 x 100 cm. Les dimensions horizontales de base imposées par la norme ISO (l'Organisation internationale de normalisation) sont de 60 et 40 cm, divisées en sous-unités de 40 x 30 cm et de 30 x 20 cm (figure 48). Il n'y a pas de règle quant à la hauteur des emballages individuels, mais la charge de la palette ne doit pas excéder 2,05 m de manière à faciliter la manipulation. Le système MUM (normalisation, unités uniformes, conversion au système métrique) recommandé par l'USDA a aussi comme objectif la normalisation des conteneurs sur la base d'une palette de 120 x 100 cm.

L'utilisation de conteneurs non consignés est un défi en termes d'environnement. Afin d'en réduire l'impact, les emballages doivent être conçus de manière à remplir les conditions d'utilisation mais sans entraîner de gaspillage de matériaux au niveau de leur fabrication. Ils doivent être recyclables, mais aussi récupérables, c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir être réutilisés après leur utilisation première.



Figure 47: Stabilisation de palette avec système de protection des angles et sangles.

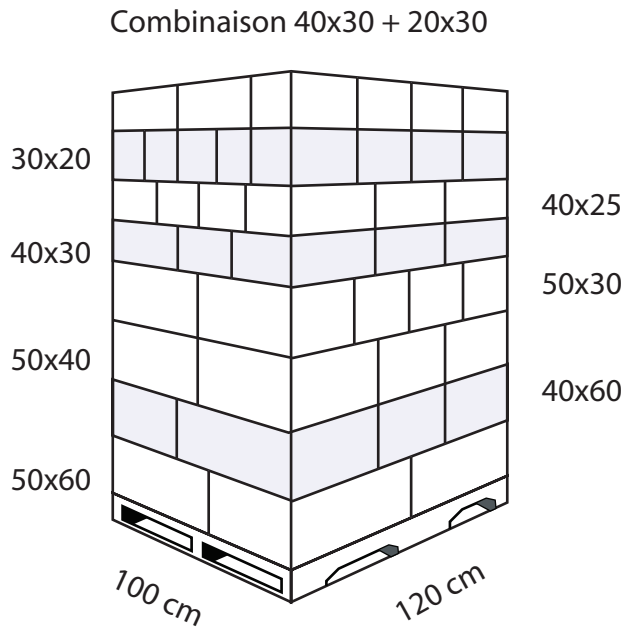


Figure 48: Différentes dimensions horizontales d'emballage, de façon à maximiser l'utilisation d'une palette de 100 x 120 cm, selon les systèmes MUM et ISO (grisé).

